PCT WELTORGANISATION FOR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Bûro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

C04B 35/573, 35/80, F16D 69/02

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/13470

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

9. Mai 1996 (09.05.96)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP95/04079

A1

(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Oktober 1995 (17.10.95)

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

P 44 38 455.6

28. Oktober 1994 (28.10.94) DF Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR LUFT-UND RAUMFAHRT E.V. [DE/DE]; Linder Höhe, D-51147 Köln (DE).

(72) Erfinder; und

- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KRENKEL, Walter [DE/DE]; Markgroningerstrasse 49, D-71634 Ludwigsburg (DE). KOCHENDÖRFER, Richard [DE/DE]; Silberwaldstrasse 1, D-70619 Stuttgart (DE).
- (74) Anwalt: GRIMM, Ekkehard; Kurt-Blaum-Platz 1, D-63450 Hanau (DE).
- (54) Title: METHOD OF MANUFACTURING A FRICTION ELEMENT
- (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER REIBEINHEIT

### (57) Abstract

Proposed is a method of manufacturing a friction element designed for frictional contact with a body and for use, in particular, in brakes or clutches. The method calls for a porous carbon block to be produced which approximately matches the shape of the end of the abrasion unit, liquid silicon to be infiltrated into the pores of the carbon block and the block to be ceramized by initiating a chemical reaction to form silicon carbide. In order to further fashion a friction element of this kind to increase its resistance to thermal stresses and so that it is also easy to manufacture, the porous carbon block is shaped, before the silicon is infiltrated into it, in such a way that cavities and/or recesses are formed in certain internal and/or external zones for cooling and/or reinforcement purposes, the cavities and/or recesses retaining essentially the same shape and size after ceramization.

### (57) Zusammenfassung

Es ist ein Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere zur Herstellung eines Brems- oder Kupplungskörpers, bei dem ein poröser Kohlenstoffkörper, der etwa der Endkontur der Reibeinheit entspricht, bereitgestellt wird, die Poren dieses Kohlenstoffkörpers mit flüssigem Silizium infiltriert werden und durch Einleiten einer chemischen Reaktion unter Bildung von Siliziumkarbid der Körper keramisiert wird. Um eine solche Reibeinheit so weiterzubilden, daß sie einer erhöhten Wärmebelastung Stand hält und die darüberhinaus in einfacher Weise herstellbar ist, ist vor der Silizium-Infiltration der poröse Kohlenstoffkörper so strukturiert, daß in definierten Innen- und/oder Außenbereichen Hohlräume und/oder Ausnehmungen zur Kühlung und/oder Versteifung gebildet werden, die nach der Keramisierung in ihrer Form und Größe im wesentlichen beibehalten werden.

## LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Osterreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungam	NZ	Neusceland
BJ	Benin	1E	Irland	PL	Polen
BR	Brailien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumānien
	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CA		KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CH	Schweiz	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
a	Côte d'Ivoire	L L	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun		Sri Lanka	TD	Tachad
CN	China	LK		TG	Togo
CS	Tachechoslowakei	LU	Luxemburg	LT	Tadschikistan
CZ	Tachechische Republik	LV	Lettland	m	Trinidad und Tobago
DE	Deutschland	MC	Monaco		• • • •
DK	Dinemark	MD	Republik Mokiau	UA	Ukraine
ES	Spenien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Prenkreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## "Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit"

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere zur Herstellung eines Brems- oder Kupplungskörpers, bei dem ein poröser Kohlenstoffkörper, der etwa der Endkontur der Reibeinheit entspricht, bereitgestellt wird, die Poren dieses Kohlenstoffkörpers mit flüssigem Silizium infiltriert werden und durch Einleiten einer chemischen Reaktion unter Bildung von Siliziumkarbid der Körper keramisiert wird.

Ein Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit wurde von einer Arbeitsgruppe der DLR (Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V.), Stuttgart, Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung, auf dem VDI-Werkstofftag 1994 in Duisburg am 09./10.03.1994, der unter der Thematik "Leichtbaustrukturen und leichte Bauteile" stand, im Rahmen des Vortrags "Entwicklung integraler Leichtbaustrukturen aus Faserkeramik" vorgestellt. Im Rahmen dieses Vortrags wurde eine Technologie zur Herstellung von kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffen vorgestellt. Die kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffe werden nach einem sogenannten "Flüssig-Silizier-Verfahren" mit flüssigem Silizium infiltriert und einer Wärmbehandlung unterworfen, wobei das Silizium sich mit Kohlenstoff zu SiC umwandelt. Ein mögliches Anwendungsgebiet dieser C/C-SiC-Werkstoffe sind unter anderem Bremsscheiben.

An Bremsen, insbesondere im Kraftfahrzeug- und Flugzeugbau, werden zunehmend höhere Anforderungen gestellt. Die Geschwindigkeiten, die heutzutage mit solchen Fahrzeugen erzielt werden, nehmen ständig zu. Beim Abbremsen wird diese kinetische Energie durch Reibung in Wärme umgewandelt, die durch die Bremsscheibe und die Bremsbeläge absorbiert wird. Eine solche Bremsenanordnung ist demzufolge durch die Reibungscharakteristiken des Bremsenmaterials und seine Eigenschaft, Wärme zu speichern und abzuführen, begrenzt. Allgemein müssen Bremsmaterialien sehr gute thermomechanische Eigenschaften, hohe und konstante Reibungscharakteristiken und eine gute Abrasionsbeständigkeit besitzen. In den letzten Jahren entwickelte Bremsen aus kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffmaterialien (C/C), wie sie beispielsweise in der DE-Al 30 24 200 beschrieben sind, ermöglichen Temperaturen bis zu 1000 °C.

Auf der vorstehend angeführten VDI-Tagung wurde, wie angeführt, ein C/C-SiC-Werkstoff vorgestellt, der gegenüber einem C/C-Werkstoff deutliche Vorteile vor allem in Bezug auf Thermoschockbeständigkeit, Oxidationsbeständigkeit, Feuchteaufnahme und Reibverhalten zeigt.

Ausgehend von dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Reibeinheit der eingangs beschriebenen Art derart weiterzubilden, daß sie einer erhöhten Wärmebelastung Stand hält und die darüberhinaus in einfacher Weise herstellbar ist.

Die vorstehende Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß vor der Silizium-Infiltration der poröse Kohlenstoffkörper so strukturiert ist, daß in definierten Innen- und/oder Außenbereichen Hohlräume und/oder Ausnehmungen zur Kühlung und/oder Versteifung gebildet werden, die nach der Keramisierung in ihrer Form und Größe im wesentlichen beibehalten werden. Üblicherweise ist, wie allgemein bekannt ist, keramisches Material oder keramisiertes Material äußerst schwierig zu bearbeiten, so daß Strukturierungen in solchen bis-

her bekannten Reibeinheiten nur unter erhöhtem Aufwand gebildet werden konnten. Insofern wurden solche Strukturierungen nur am Außenumfang zum Beispiel in Form von radialen Bohrungen derartiger Bauteile vorgenommen, um den Reibeinheiten beispielsweise die erforderliche Außenkontur zu verleihen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, auch komplizierte Strukturen in Form von Ausnehmungen aufzubauen, da solche Ausnehmungen in einem Zustand des Kohlenstoffkörpers gebildet werden, in dem noch keine Keramisierung, die durch Infiltration von Silizium mit anschließender Wärmebehandlung erfolgt, vorliegt. Darüberhinaus können mit der erfindungsgemäßen Verfahrensweise nicht nur Ausnehmungen in Außenflächen der Reibeinheit gebildet werden, sondern es ist auch möglich, geschlossene oder nur teilweise umschlossene Hohlräume innerhalb der Reibeinheit an genau definierten Stellen zu erzeugen. Eine solche Einbringung von Hohlräumen und/oder Ausnehmungen in dem Körper erfolgt praktisch in einem grünen Zustand des Kohlenstoffkörpers, in dem er noch mechanisch einfach bearbeitbar ist bzw. in einem Zustand, in dem der Kohlenstoffaserkörper an sich aufgebaut und strukturiert wird. Mit dieser Verfahrensweise ist unter dem Kostenaspekt eine preiswerte Herstellung von Reibeinheiten in einer Serienproduktion möglich. Solche Strukturierungen mittels Ausnehmungen und/oder Hohlräumen, die zum einen dazu dienen können, eine Reibeinheit, beispielsweise eine Bremsscheibe, auszusteifen, allerdings inbesondere dazu dienen, Hohlräume zur Kühlung zu schaffen, sind bei solchen keramisierten Reibeinheiten besonders wichtig, da solche keramisierten Reibeinheiten gerade unter sehr hohen Belastungen und damit hohen Temperaturen eingesetzt werden. Einsatzgebiete sind beispielsweise Bremseinheiten von Flugzeugen sowie Schienenfahrzeugen und Hochleistungskraftfahrzeugen.

Eine besonders günstige Verfahrensweise ist dann gegeben, wenn als Vorprodukt des porösen Kohlenstoffkörpers zunächst ein Grünkörper gebildet wird, der ein mit ausgehärteten Polymeren durchsetzter Kohlenstoffaserkörper ist. Eine solche Verfahrensweise unter Bildung eines Vorkörpers aus Kohlenstoffasern, die mit Polymeren überzogen sind, bringt besondere

4

Vorteile hinsichtlich der anschließenden Silizium-Infiltrationstechnik. Ein Körper in Form einer Kohlenstoffasermatrix mit ausgehärteten Polymeren stellt ein Vorprodukt dar, das bereits ausreichend gehärtet und verfestigt ist, um es definiert mechanisch bearbeiten zu können. Die Einbringung der Ausnehmungen und Hohlräume kann auch in einer Verfahrensstufe der Herstellung solcher Reibeinheiten vorgenommen werden, in der das Vorprodukt bereits vorhanden ist, das sowohl mechanisch als auch in formgebender Weise einfach gestaltet werden kann.

Um in einfacher Weise innerhalb der Reibeinheit geschlossene Hohlräume oder teilweise umschlossene Hohlräume zu bilden, ist es möglich, in den Kohlenstoffaserkörper vor seiner Keramisierung, vorzugsweise in einem Zustand vor seiner Infiltration mit Silizium, und darüberhinaus bevorzugt im Rahmen des Grünkörpers, der als mit Polymeren durchzogene Kohlenstoffasermatrix bereitgestellt wird, einen oder mehrere Kerne einzubringen, deren Abmessungen den zu bildenden Ausnehmungen und/oder Hohlräumen entsprechen. Als Werkstoff für die Kerne eignen sich Gummi, Kunststoff, Metall, Keramik oder Kohlenstoff, wobei die Materialien dahingehend ausgewählt werden, ob es sich bei einem solchen Kern um einen verlorenen Kern handelt oder um einen Kern, der in einer bestimmten Aufbaustufe des Kohlenstoffkörpers entfernt wird. Beispielsweise ein Kern aus Styropor oder Hartschaum-Kunststoff weist einen Vorteil dahingehend auf, daß er vor der Silizium-Infiltration aus der Reibeinheit mittels eines Lösungsmittels, beispielsweise über eine Belüftungsöffnung, herausgelöst werden kann. Ein Kern aus Metall, Keramik oder Kohlenstoff wird bevorzugt zur Bildung von Ausnehmungen eingesetzt, die an einer Außenfläche der Reibeinheit gebildet sind. Im Bereich dieser Ausnehmung werden die Kerne zur Formgebung der Ausnehmung eingesetzt und in einem späteren Verfahrensschritt, wenn der Körper keiner wesentlichen Verformung mehr unterliegt, herausgezogen. Ein solcher Kern aus Metall, Kohlenstoff oder Keramik kann auch dazu verwendet werden, beim Aufbau der Kohlenstoffasermatrix zunächst in die Fasermatrix eingebettet zu werden,aus der er dann herausgenommen wird, bevor im Aufbau des Kohlenstoffaserkörpers die Aus-

nehmung beispielsweise durch eine Deckschicht vollständig abgeschlossen wird. Nach der Silizium-Infiltration können solche Kerne, die von außen zugänglich sind, herausgelöst werden, beispielsweise aus radial nach außen verlaufenden Kanälen, die einen in etwa gleichmäßigen Querschnitt von der Innenseite zur Außenseite bzw. eine geringfügige Querschnittserweiterung von einer radial innenliegenden Seite zu einer radial außen-liegenden Seite der Reibeinheit besitzen. Solche Kerne bestehen vorzugsweise aus Kohlenstoff oder Keramik, da sie den Temperaturen in den einzelnen Verfahrensschritten zur Herstellung der Reibeinheit standhalten. Auch ein Kern, der aus Gummi gebildet ist, ist dazu geeignet, daß er nach dem Aufbau eines Vorkörpers aus diesem herausgezogen wird; eine solche Entnahme von Gummikernen muß in einem Verfahrenszustand erfolgen, in dem das Gummimaterial des Kerns noch keiner hohen Temperaturbelastung unterworfen ist.

Weiterhin ist es bevorzugt, Kerne aus einem pyrolysierbaren Material zu verwenden, bevorzugt Kerne aus Polyvinylalkohol, um insbesondere Hohl-räume im Inneren der Reibeinheit herzustellen, die später nicht zugänglich sind, unter Umständen auch keine Belüftungs- oder Entlüftungsöffnungen zur Außenseite der Reibeinheit hin besitzen. Pyrolysierbares Material wird nämlich im Rahmen der Pyrolyse des Kohlenstoffkörpers, insbesondere eines Kohlenstoffkörpers in Form einer Kohlenstoffasermatrix mit einer polymeren Durchsetzung, pyrolysiert und im wesentlichen rückstandsfrei beseitigt.

Um eine Reibeinheit insbesondere im Bereich der Hohlräume oder Ausnehmungen mit erhöhten, mechanischen Festigkeitswerten auszustatten, werden beim Aufbau des kohlenstoffaserverstärkten Kohlenstoffkörpers die Ausnehmungen und Hohlräume mit Lagen oder Schichten aus Kohlenstoffasern mit vorgegebener Orientierung umgeben. Die Orientierung der Faser kann hierbei den in der Reibeinheit auftretenden Kräften und Beanspruchungen angepaßt werden. Diese Faserschichten begrenzen also solche Ausnehmungen oder Hohlräume in der Reibeinheit. Für Hohlräume, die im Innern der Reibein-

PCT/EP95/04079

WO 96/13470

6

heit gebildet werden sollen und im Bereich derer die Reibeinheit eine erhöhte Festigkeit aufweisen soll, werden zunächst Kerne mit solchen Faserschichten umgeben und diese Kerne dann in die Kohlenstoffasermatrix eingesetzt. Bei solchen Kernen kann es sich wiederum um verlorene Kerne handeln oder um Kerne, die in einer vorgegebenen Verfahrensstufe des Aufbaus der Reibeinheit entfernt werden.

Um in einfacher Weise im Inneren einer Reibeinheit Hohlräume zu bilden. insbesondere solche Hohlräume, die keine Verbindung zur Außenseite der Reibeinheit besitzen, wird die Reibeinheit aus zwei einzelnen Körpern aufgebaut, die auf einer Außenseite Ausnehmungen besitzen. Die beiden Körper werden dann miteinander verbunden, so daß die Ausnehmungen des einen Körpers durch den jeweils anderen Körper abgedeckt und verschlossen werden. Es ist ersichtlich, daß solche Ausnehmungen sowohl in beiden Körpern gebildet werden können, die sich dann in verbundenem Zustand zu einem gemeinsamen Hohlraum ergänzen; es ist auch die Möglichkeit gegeben. die Ausnehmungen nur in dem einen Körper zu bilden und den anderen Körper als Abdeckscheibe auszubilden. Je nach Aufbau der Reibeinheit können beide Körper identische Teile sein, die dann miteinander verbunden sind. Darüberhinaus ist gerade durch einen mehrteiligen Aufbau der Reibeinheit nicht nur die Möglichkeit gegeben, in einfacher Weise Hohlräume im Innern der Reibeinheit zu bilden, sondern auch die Möglichkeit gegeben, die Reibeinheit, beispielsweise in Form einer Brems- oder Kupplungsscheibe, den für den Einsatz geforderten Eigenschaften anzupassen, d.h. der eine Körper wird als Reibkörper ausgebildet, während der andere Körper als Kernkörper dienen kann. Der Reibkörper trägt hierbei die Reibfläche für einen reibenden Eingriff mit einem entsprechenden Gegenkörper und wird hinsichtlich seiner Reibeigenschaften materialmäßig angepaßt. Der Kernkörper dient als Trägerkörper für den Reibkörper und wird beispielsweise an einer Nabe eines Fahrzeugs befestigt. Ein solcher Kernkörper sollte dann vorteilhafterweise die Kühlkanäle und Hohlräume aufweisen und hinsichtlich seiner Materialeigenschaften so angepaßt werden, daß er eine gute Wärmeleit- und Wärmespeicherfähigkeit besitzt.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. In der Zeichnung zeigt:

- Figur 1 einen Querschnitt durch eine Vorform eines Kohlenstoffkörpers aus einer Kohlenstoffasermatrix für eine Reibeinheit, beispielsweise eine Bremsscheibe, mit zwei in einer Oberseite gebildeten Ausnehmungen,
- Figur 2 eine Vorform, ähnlich der Figur 1, die in einer Formgebungseinheit aufgebaut ist.
- Figur 3 einen Schnitt durch eine Reibeinheit mit zwei inneren, geschlossenen Hohlräumen,
- Figur 4 ein Vorprodukt in Form eines Grünkörpers mit zwei durch Kerne ausgefüllte Ausnehmungen und schematisch angedeuteter Struktur des Faserverlaufs der Kohlenstoffasermatrix,
- Figur 5 eine der Figur 4 entsprechende Schnittdarstellung mit zwei umschlossenen, durch jeweils einen Kern ausgefüllte Hohlräume,
- Figuren 6 und 7 eine Schnittdarstellung von jeweiligen Reibeinheiten, die aus zwei Kohlenstoffkörpern entsprechend der Vorform der Figur 1 mittels einer Fügetechnik hergestellt sind,
- Figur 8 eine Schnittdarstellung einer Reibeinheit, die aus zwei Körpern hergestellt ist, die entsprechend den Vorprodukten der Figuren 1 und 2 aufgebaut sind, und
- Figur 9 einen Schnitt einer Reibeinheit darstellt, der mit einem Körper entsprechend der Vorform der Figur 1 mit einer zusätzlichen Abdeckscheibe hergestellt ist.

In den Figuren 1 bis 3 sind verschiedene Vorprodukte 1, 2 und 3 aus einer Kohlenstoffasermatrix dargestellt, die eine äußere Form besitzen, die in etwa der fertigen, herzustellenden Reibeinheit entspricht. Vorzugsweise werden zum Herstellen solcher Vorprodukte 1, 2 und 3 auf einer (nicht dargestellten) Unterlage oder in einer Form 4, wie sie die Figur 2 zeigt, Kohlenstoffasern unterschiedlicher Längen geschichtet, gegebenenfalls mit gewebten Kohlenstoffasereinlagen, so daß sich die jeweiligen Vorprodukte 1, 2 und 3 aufbauen. Der Einsatz einer Form 4 gemäß Figur 2 hat den Vorteil, daß in einfacher Weise dem Vorprodukt 2 eine Außenkontur reproduzierbar gegeben werden kann, die in etwa der Außenkontur der keramisierten Reibeinheit, abgesehen von Dimensionsänderungen aufgrund von geringen Schrumpfungen während der Keramisierung, entspricht. Vorzugsweise werden als Kohlestoffasern solche eingesetzt, die mit einer Polymerschicht überzogen sind. Alternativ dazu kann ein aus Kohlenstoffasern aufgebauter Körper anschließend mit Polymeren infiltriert werden und anschließend ein solcher Vorkörper ausgehärtet werden, so daß in der Kohlenstoffmatrix eine Polymermatrix erzielt wird und gleichzeitig das gesamte Vorprodukt 1, 2 oder 3 eine Formstabilität erhält.

Im Rahmen des Aufbaus des Vorprodukts 1, 2 oder 3 werden, um Ausnehmungen 5 oder umschlossene Hohlräume 6 zu bilden, Kerne 7 eingelagert, die in ihrer Form und Größe der zu bildenden Ausnehmung 5 bzw. dem Hohlraum 6 entspricht. In den Figuren 1 und 2 ist beispielsweise jeweils ein Kern 7 dargestellt, der in den Kohlenstoffaserkörper eingesetzt ist und der nach Verfestigung zum Vorprodukt aus diesem herausgenommen wird, so daß die Ausnehmung 5, wie sie jeweils in der rechten Hälfte der Schnittdarstellung der Figuren 1 und 2 dargestellt ist, verbleibt. Je nach Form des Kerns kann eine solche Ausnehmung einen runden, ovalen oder eckigen Querschnitt besitzen oder aber zu der Achse 8 des jeweiligen Vorprodukts 1, 2 rotationssymmetrisch verlaufen, so daß die beiden Ausnehmungen der Vorprodukte der Figuren 1 und 2 jeweils einen Raum bilden, der zum

Beispiel in Form einer Evolute entsprechend der günstigsten, aerodynamischen Gestalt des Kühlkanals gebildet werden kann bzw. als Kern ein evolutenförmiger Kern eingesetzt wird. Gleiches gilt für die Hohlräume 6 des Vorprodukts der Figur 3.

Vorzugsweise werden als Kerne 7 zur Bildung der Ausnehmungen 5 Kerne aus einem solchen Material eingesetzt, das den einzelnen Wärmebehandlungsstufen zur Herstellung des Vorprodukts, standhalten kann, d.h. vorzugsweise Kerne aus Metall, Keramik oder Kohlenstoff. Solche Kerne können dann beliebig oft, nachdem sie aus dem Vorprodukt 1, 2 und 3 entfernt sind, zum Erstellen weiterer Reibeinheiten eingesetzt werden.

Um Hohlräume 6 zu bilden, wie sie in dem Vorprodukt 3 der Figur 3 dargestellt sind, werden beim Aufbau der Kohlenstoffasermatrix ebenfalls Kerne eingesetzt, die jedoch in irgendeiner Weise wieder aus dem Vorprodukt entfernt werden müssen. Aus diesem Grund werden vorzugsweise in diese Hohlräume Kerne aus Styropor oder Hartschaum-Kunststoff eingelegt, die dann, in einer verfestigten Stufe des Vorprodukts 3 mittels eines Lösemittels herausgelöst werden, das beispielsweise über Belüftungskanäle 9, die eine Verbindung von der Außenseite zu den Hohlräumen 6 besitzen, eingefüllt wird. Diese Belüftungskanäle können anschließend mit pyrolisierbarem Material, das einen hohen Kohlenstoffrückstand nach der Pyrolyse aufweist, gefüllt und durch anschließende Keramisierung geschlossen werden. Eine andere Möglichkeit, die Hohlräume 6 mittels verlorener Kerne 7 zu erzeugen, ist diejenige, daß ein Kern aus einem pyrolysierbaren Haterial eingebracht wird, das in einem folgenden Verfahrensschritt, in dem der Kohlenstoffaserkörper einer Pyrolyse unterworfen wird, beispielsweise um eine entsprechende Polymermatrix zu pyrolysieren, im wesentlichen rückstandsfrei beseitigt wird. In diesem Fall ist es nicht erforderlich, spezielle Belüftungskanäle 9 vorzusehen. Ein Vorprodukt, wie es in den Figuren 1 bis 3 dargestellt wird, wird in einem weiteren Verfahrensschritt dann mit flüssigem Silizium infiltriert, das unter Wärmebehandlung zu Siliziumkarbid umgewandelt wird, so daß die fertige, keramisierte

Reibeinheit erhalten wird.

Eine weitere Möglichkeit, Hohlräume 6 in einem Vorprodukt zu bilden, wie dies in Figur 3 dargestellt ist, ist diejenige, im Bereich der Hohlräume Kerne 7 aus Gummi einzulegen. Solche Gummikerne sind dann zu bevorzugen, wenn die Hohlräume 6 zur Außenseite der Reibeinheit hin führende Kanäle besitzen sollen, entsprechend den Belüftungskanälen 9, allerdings mit einem größeren Querschnitt, so daß nach Fertigstellung des Vorprodukts 3 die elastomeren Kernteile über diese Kanäle 9 herausgezogen werden können. Auf diese Art und Weise können innenliegende Hohlräume 6 gebildet werden, die gegenüber den Kanälen 9 Hinterschneidungen besitzen, so daß diese elastomeren Kerne über die gegenüber den Hohlräumen einen kleineren Querschnitt aufweisenden Kanäle 9 herausgezogen werden können.

Die Figuren 4 und 5 zeigen Schnittdarstellungen von Vorprodukten 10 und 11. die in ihrem Aufbau den Vorprodukten 1 und 3 der Figuren 1 und 3 im wesentlichen entsprechen. In den Figuren 4 und 5 sind allerdings um die Ausnehmung 5 bzw. einen darin eingelegten Kern 7 (Figur 4) bzw. den Hohlraum 6 und einen darin eingelegten Kern 7 (Figur 5) definiert, der Kontur der Ausnehmung bzw. des Hohlraums folgende Kohlentstoffaserschichten 12 gezeigt, die so orientiert sind, daß sie den auftretenden Kräften in der späteren Reibeinheit angepaßt sind und eine besonders stabile und feste Struktur der Kohlenstoffasermatrix ergeben. Solche Kohlenstoffaserschichten 12 können im Rahmen des Aufbaus der Kohlenstoffasermatrix um vorgefertigte Kerne 7 zum Beispiel aus Styropor oder Hartschaumstoff herum gelegt werden und solche vorgefertigten Kerne können dann in die Kohlenstoffasermatrix eingesetzt werden. Entsprechend der Verfahrensweise, die im Rahmen der Ausführung der Figur 3 vorstehend beschrieben ist, können solche Verfahren später über entsprechende, in der Figur 5 nicht dargestellte, Belüftungskanäle herausgelöst werden. Die einzelnen Kernkörper bzw. die um den Kernkörper herumgewickelten Kohlenstoffaserschichten 12 können dann von Kohlenstoffaserdeckschichten 13 umgeben werden. Wie die Ausführungsformen der Figuren 4 und 5 verdeutlichen, können die Strukturen der Reibeinheiten, die erstellt werden sollen, in einem grünen Zustand beliebig geformt und aufgebaut werden, gegebenenfalls das Vorprodukt nach einer Aushärtung, allerdings vor der Siliziuminfiltrierung und Keramisierung, mechanisch bearbeitet werden; es ist also nicht erforderlich, ein keramisches Material zu bearbeiten.

Den Figuren 6 bis 9 sind verschiedene Ausführungsformen von modular aufgebauten, integralen Reibeinheiten dargestellt. die unter Verwendung von Vorprodukten aufgebaut sind, wie sie in den Figuren 1 und 2 dargestellt sind. Demzufolge sind in den Figuren 6 und 9 für die Körper 1 und 2 dieselben Bezugsziffern verwendet. Die jeweiligen Vorprodukte können entlang einer Verbindungsstelle bzw. Verbindungsebene, die mit den Bezugszeichen in den einzelnen Figuren 6 bis 9 mit dem Bezugszeichen 14 bezeichnet sind. aufeinandergelegt werden und anschließend miteinander verbunden werden. Als Vorprodukte oder als einzelne Modulteile für die Reibeinheiten entsprechend der Figuren 6 bis 9 können Vorprodukte 1, 2 in ihrer grünen, d.h. noch nicht keramisierten, Form eingesetzt werden; die Verbindungsstelle 14 wird dann im Rahmen der Silizium-Infiltration der beiden Vorprodukte 1, 2 gefüllt und damit eine Verbindung, die im wesentlichen Karbid enthält, der beiden Körper vorgenommen. Einzelne Körper 1, die für sich jeweils bereits mit Silizium infiltriert und keramisiert sind, können allerdings in diesem keramisierten Zustand beispielsweise durch ein hochtemperaturbeständiges Hartlot, vorzugsweise mittels Silizium, zusammengefügt werden.

Wie die Figur 6 zeigt, können aus zwei Körpern 1, wie sie in der Figur 1 dargestellt sind, Hohlräume 6 gebildet werden, indem sich die einzelnen Ausnehmungen 5 des Vorprodukts 1 durch ihre identische Ausrichtung zu der Achse 8 bzw. der Drehachse der Reibeinheit (Figuren 6 bis 9) zu diesem Hohlraum 6 ergänzen. In einem solchen Aufbau ist es nicht erforderlich, aus den Hohlräumen 6 irgendwelche, im Rahmen des Aufbaus der Kohlenstoffasermatrix verbleibenden Kerne zu entfernen.

In Figur 7 ist eine Ausführungsform dargestellt, bei der die Reibeinheit aus zwei Vorprodukten, entlang der Verbindungsebene 14 zusammengefügt sind, derart, daß sie jeweils in der gleichen Richtung ausgerichtet. sind, so daß sich zum einen die ursprünglichen Ausnehmungen in dem Vorprodukt 1 mit der Außenfläche des anderen Vorprodukt 1 zu den Hohlräumen 6 ergänzen, während die Ausnehmungen 5 des anderen Vorprodukts 1 an der Außenseite als solche unverschlossen erhalten bleiben. Das erste Vorprodukt 1 kann beispielsweise in dieser Anordnung als Reibkörper dienen, wobei dessen glatte Außenfläche eine Reibfläche 15 bildet, während das andere Vorprodukt 1 einen Kernkörper darstellt. Diese Unterteilung in einen Reibkörper und einen Kernkörper zielt darauf, diese beiden Körper in ihren Materialeigenschaften den jeweiligen Erfordernissen anzupassen, d.h. der Reibkörper wird mit guten Reibeigenschaften an der Reibfläche 15 ausgestattet, während der Kernkörper zum einen eine hohe mechanische Festigkeit besitzen soll, um quasi einen Tragekörper der Reibeinheit zu bilden, zum anderen soll er eine gute Wärmeleitfähigkeit und Wärmespeicherfähigkeit besitzen, um die an der Reibfläche 15 entstehende Wärme abzuführen.

Die Anpassung der jeweiligen Körper, die zu einer Reibeinheit verbunden sind, wie dies vorstehend anhand der Figur 7 erläutert ist, trifft sinngemäß auch auf die Anordnungen der Figuren 6, 8 und 9 zu.

In der Figur 8 ist eine Reibeinheit dargestellt, die aus einem Vorprodukt 1 und einem Vorprodukt 2 entsprechend den Figuren 1 und 2 zusammengesetzt ist. In dieser Anordnung werden sowohl auf den beiden Außenseiten Ausnehmungen gebildet, darüberhinaus wird ein ringförmiger, sich radial zu der Drehachse 8 erstreckender Ringraum 16 aufgrund des Fortsatzes 17 des Körpers 2; unter entsprechender Strukturierung könnte in einfacher Weise ein solcher Ringraum 16 nach außen einen geringeren Querschnitt aufweisen, wie dies in der oberen Hälfte der Figur 8 mit unterbrochener Linie dargestellt ist, in dem beispielsweise ein entsprechend profilierter Körper vorgefertigt wird.

13

Figur 9 stellt eine Variante dar, in der der Körper 1 der Figur 1 auf der Seite der Ausnehmungen 5 mit einer Abdeckplatte 18 abgedeckt ist, so daß entsprechende Hohlräume entstehen.

Wie die verschiedenen Ausführungsformen zeigen, ist mit der erfindungsgemäßen Verfahrensweise der Bildung von Ausnehmungen und Hohlräumen in einer Verfahrensstufe, in der die jeweiligen Ausgangskörper noch leicht formbar und bearbeitbar sind, gegeben. Darüberhinaus können mit einer derartigen Technologie, insbesondere auch dann, wenn eine Reibeinheit aus mehreren einzelnen Körpern zusammengesetzt wird, insbesondere in noch nicht keramisiertem Zustand, auch sehr komplexe Strukturen durch die Fügung dieser einzelnen Körper aufgebaut werden.

# "Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit" Patentansprüche

- 1. Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere zur Herstellung eines Brems- oder Kupplungskörpers, bei dem ein poröser Kohlenstoffkörper, der etwa der Endkontur der Reibeinheit entspricht, bereitgestellt wird, die Poren dieses Kohlenstoffkörpers mit flüssigem Silizium infiltriert werden und durch Einleiten einer chemischen Reaktion unter Bildung von Siliziumkarbid der Körper keramisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Silizium-Infiltration der poröse Kohlenstoffkörper so strukturiert ist, daß in definierten Innen- und/oder Außenbereichen Hohlräume und/oder Ausnehmungen zur Kühlung und/oder Versteifung gebildet werden, die nach der Keramisierung in ihrer Form und Größe im wesentlichen beibehalten werden.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorprodukt des porösen Kohlenstoffkörpers in Form eines Grünkörpers ein mit ausgehärteten Polymeren durchsetzter Kohlenstoffaserkörper hergestellt wird.
- 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2. dadurch gekennzeichnet, daß der

poröse Kohlenstoffkörper und/oder der Grünkörper durch mechanische Bearbeitung mit Ausnehmungen versehen wird (werden).

- 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in den porösen Kohlenstoffkörper und/oder den Grünkörper bei dem Aufbau ein Kern (Kerne) eingebracht wird (werden), der (die) in seinem (ihren) Abmessungen den zu bildenden Ausnehmungen und/oder Hohl-räumen entsprechen.
- 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern vor und/oder nach der Silizium-Infiltration entfernt wird.
- 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern aus Gummi. Kunststoff. Metall, Keramik oder Kohlenstoff gebildet wird.
- 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern aus Styropor oder Hartschaum-Kunststoff gebildet wird.
- 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern mittels eines Lösungsmittels herausgelöst wird.
- 9. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kern aus pyrolysierbarem Material eingebracht und in einem folgenden Verfahrensschritt der Kohlenstoffkörper einer Pyrolyse unterworfen und der Kern im wesentlichen rückstandsfrei beseitigt wird.
- 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern aus Polyvinylalkohol gebildet wird.
- 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Hohlräume und/oder der Ausnehmungen in den Kohlenstoffkörper die Hohlräume und/oder die Ausnehmungen begrenzende Kohlenstoffaserschichten mit vorgegebener Orientierung eingebracht werden.

- 12. Verfahren nach Anspruch 4 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlenstoffaserschichten auf dem Kern (den Kernen) aufgebaut werden.
- 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Kohlenstoffkörper einen ersten Körper bildet und mit wenigstens einem zweiten Körper verbunden wird, wobei der zweite Körper einen Teil der Reibeinheit bildet.
- 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Körper ein nach einem der Ansprüche 1 bis 12 hergestellter zweiter Kohlenstoffkörper ist.
- 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Körper als Reibkörper mit einer Reibfläche aufgebaut wird.
- 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Körper als Kernkörper mit einer guten Wärmeleit- und/oder Wärmespeicherfähigkeit ausgebildet wird.
- 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß in den ersten und den zweiten Körper Ausnehmungen derart im Bereich ihrer Verbindungsflächen eingebracht werden, daß sie sich zu einem gemeinsamen Hohlraum ergänzen.

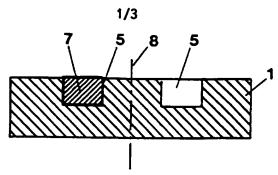
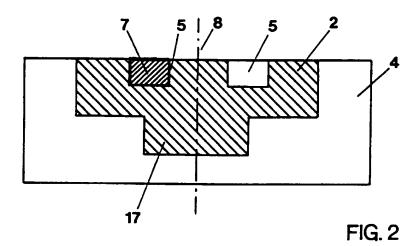


FIG. 1



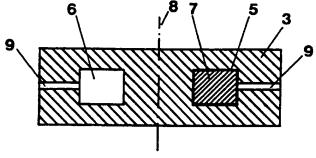


FIG. 3

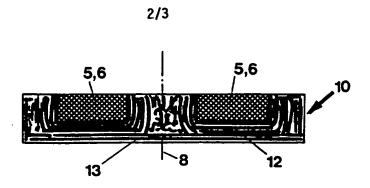


FIG.4

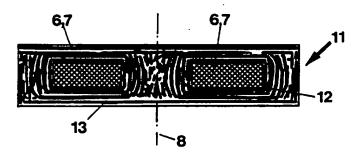
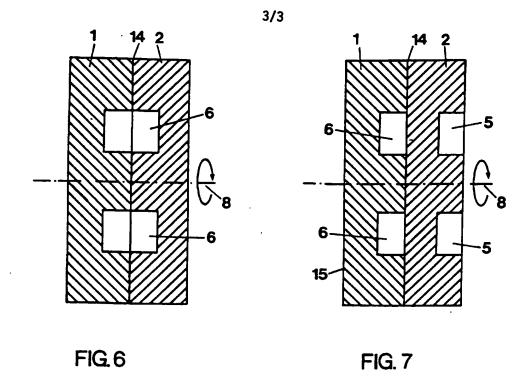
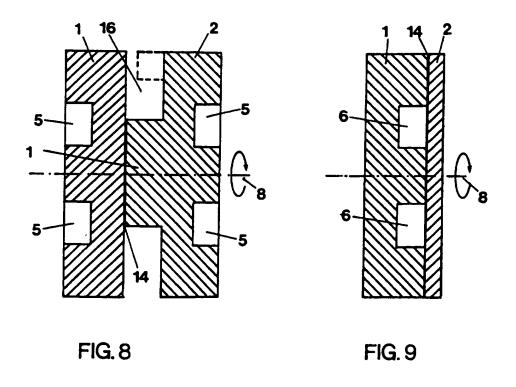


FIG.5





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International optication No PCT/EP 35/04079

	·	I '	01/21 00/0101	
A. CLASSI IPC 6	FICATION OF SUBJECT MATTER C04B35/573 C04B35/80 F16D69/0	02		
According to	o International Patent Classification (IPC) or to both national classi	ification and IPC		
	SEARCHED			
	ocumentation searched (classification system followed by damificated CO4B F16D CO3B	ion symbols)		
Documentat	ion searched other than minimum documentation to the extent that	such documents are include	ed in the fields searched	
Electronic d	ata base consulted during the international search (name of data ba	se and, where practical, sea	rch terms used)	
C. DOCUM	IENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the r	clevant passages	Relevant to claim No.	
x	EP,A,O 300 756 (PARKER HANNIFIN CORPORATION) 25 January 1989		1-3	
Y	see column 4, line 13 - column 6 claims 5-7; figure 2	, line 4;	13-16	
Y	EP,A,O 051 535 (SOCIETE EUROPEEN PROPULSION) 12 May 1982 see example 3	NE DE	13-16	
٨	DE,A,41 27 113 (ALFRED TEVES GMB February 1993 see column 1, line 40 - column 2 claims 1-4,7,11,12; figure 7 see column 4, line 21 - line 38	•	1,3, 13-16	
۸	GB,A,1 457 757 (SECRETARY OF STA DEFENCE, LONDON) 8 December 1976 see page 1, line 8 - line 20; cla		1,2	
Furt	her documents are listed in the continuation of box C.	X Patent family mer	nbers are listed in annex.	
* Special ca	tegories of cited documents :	"T" later document publish	ned after the international filing date	
consid	ent defining the general state of the art which is not sered to be of particular relevance document but published on or after the international	ot in conflict with the application but se principle or theory underlying the		
'L' docum which	date ent which may throw doubts on priority claim(s) or is cited to establish the publication date of another	"X" document of particular retevance; the claimed invention carmot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention		
O' docum		cannot be considered document is combine	to involve an inventive step when the d with one or more other such docu- ion being obvious to a person skilled	
later t	ent published prior to the international filing date but han the priority date claimed	"&" document member of		
	9 December 1995	Date of mailing of the	international search report	
Name and	mailing address of the ISA	Authorized officer		
	European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2230 HV Rigwijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Hauck, H		

1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internation uplication No
PCT/EP 95/04079

Patent document cited in search report	Publication Patent family member(s)			Publication date	
EP-A-300756	25-01-89	US-A- 4815572 DE-A- 3875415 JP-A- 1105024		28-03-89 26-11-92 21-04-89	
EP-A-51535	12-05-82	FR-A- JP-C- JP-B- JP-A- US-A-	2493304 1695478 3057069 57111285 4514240	07-05-82 17-09-92 30-08-91 10-07-82 30-04-85	
DE-A-4127113	18-02-93	NONE		<b></b>	
GB-A-1457757	08-12-76	NONE		<u> </u>	

Form PCT/ISA/210 (patent family sanex) (July 1992)

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Aktenseichen Internation

PCT/EP 95/04079 A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES 1PK 6 C04B35/573 C04B35/80 F16D69/02 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 CO4B F16D CO3B Recherchierte aber meht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konzultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN Betr. Anspruch Nr. Kategorie\* Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile 1-3 X EP,A,O 300 756 (PARKER HANNIFIN CORPORATION) 25.Januar 1989 13-16 siehe Spalte 4, Zeile 13 - Spalte 6, Zeile 4; Ansprüche 5-7; Abbildung 2 13-16 Y EP,A,O 051 535 (SOCIETE EUROPEENNE DE PROPULSION) 12.Mai 1982 siehe Beispiel 3 1,3, 13-16 ٨ DE,A,41 27 113 (ALFRED TEVES GMBH) 18.Februar 1993 siehe Spalte 1, Zeile 40 - Spalte 2, Zeile 32; Ansprüche 1-4,7,11,12; Abbildung 7 siehe Spalte 4, Zeile 21 - Zeile 38 X | Siehe Anhang Patentiamilie Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu T Spätere Veröffenthehung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdamm veröffentheht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Tochnik definiert, aber nicht als besonders bedeutzam anzusehen ist Erfindung zugrundehegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theone angegeben ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindu kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden Veröffentlichung von besonderr Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kam nicht als auf erfinderischer Tätigkeit berühend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichung mit einer Kategone in Verbindung gebracht wird und diese Vertundung für einen Fachmann naheltegend ist soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie susgeführt)

O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung. eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem miemationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Priontätsdatum veröffentlicht worden ist

Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist Absendedatum des internationalen Recherchenberichts Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 19.Dezember 1995

1

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenhehlede

Bevollmächtigter Bediensteter

Hauck, H

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internation Aktenzeichen
PCT/FP 95/04079

	Р	CT/EP 9	5/04079
	ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Categorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommend	en Tale	Betr. Anspruch Nr.
	GB,A,1 457 757 (SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE, LONDON) 8.Dezember 1976 siehe Seite 1, Zeile 8 - Zeile 20; Ansprüche 1,3-5		1,2
	SA/210 (Fortretture von Blatt 2) (Juli 1992)		

1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur seiben Patentfamilie gehören

Internation: Attenzeichen
PCT/EP 95/04079

			701721 33704073		
Im Recherchenbericht ngeführtes Patentdokument	henbericht Datum der Mitglied(er) der tentdokument Veröffentlichung Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung	
EP-A-300756	25-01-89	US-A- DE-A- JP-A-	4815572 3875415 1105024	28-03-89 26-11-92 21-04-89	
EP-A-51535	12-05-82	FR-A- JP-C- JP-B- JP-A- US-A-	2493304 1695478 3057069 57111285 4514240	07-05-82 17-09-92 30-08-91 10-07-82 30-04-85	
DE-A-4127113	18-02-93	KEINE			
GB-A-1457757	08-12-76	KEINE			

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)